

## Respostas produtivas do trigo mole à rega e à fertilização azotada em condições Mediterrânicas

### Productive responses of soft wheat to irrigation and nitrogen fertilization in Mediterranean conditions

A. Tomaz<sup>1,2</sup>, M. Patanita<sup>1,2</sup>, P. Oliveira<sup>1</sup>, L. Boteta<sup>3</sup>, J. Dôres<sup>1</sup>, J. Guerreiro<sup>3</sup>, J. Ferro Palma<sup>1</sup>, I. Guerreiro<sup>1</sup>, M.I. Patanita<sup>1</sup>, J. Penacho<sup>1</sup>, M.N. Costa<sup>1</sup>, E. Rosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Beja. R. Pedro Soares S/N, 7800-295 Beja, Portugal.

<sup>2</sup>GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa. Campus da Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

<sup>3</sup> Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde, Apartado 354, 7801-904 Beja, Portugal

#### Resumo

A variabilidade sazonal e inter-anual, característica do clima Mediterrânico, aliada aos padrões de variação observados resultantes da mudança climática, constituem vulnerabilidades para a produção de trigo (*Triticum aestivum* L.). A adaptação a esta realidade passa por diminuir os impactos negativos na produtividade da cultura, reduzindo custos e hiatos de rendimento, mas também adoptando práticas que promovam a sustentabilidade do sistema de produção. De entre estas práticas, a gestão da rega e da fertilização azotada estão entre as que mais poderão contribuir para o sucesso da cultura.

Neste estudo foram avaliados os efeitos conjuntos da rega e da fertilização azotada, com fertilizantes clássicos e fertilizantes de libertação gradual, sobre o rendimento e a qualidade do grão em trigo mole (cv. Antequera) em 2016/2017, na região Mediterrânica do Alentejo (Sul de Portugal). Com este objectivo, realizaram-se dois ensaios. Em ambos, as respostas produtivas do trigo foram avaliadas em dois tratamentos de rega: D1 (100% da evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>) ao longo do ciclo) e D2 (100% da ET<sub>c</sub> apenas em quatro fases: início do encanamento; emborrachamento; ântese; enchimento do grão). No primeiro ensaio, foram aplicados 165 kg N/ha utilizando fertilizantes ternários específicos em seis tratamentos, cinco deles (A1 a A5) com fertilizante estabilizado com inibição de nitrificação (A1 - 100% na sementeira; A2 - 50% na sementeira e 50% no emborrachamento; A3 - 50% na sementeira e 25% no encanamento e na ântese; A4 - 75% na sementeira e 25% no emborrachamento; A5 - 75% na sementeira e 25% no encanamento) e outro (A6) com 100% de fertilizante de libertação controlada de azoto aplicado na sementeira. No segundo ensaio, foram aplicados também 165 kg N/ha através de fertilizante azotado convencional em cinco tratamentos de fraccionamento (A1 - 33% na sementeira, no afilhamento e no encanamento; A2 - 25% na sementeira, no afilhamento, no encanamento e na ântese; A3 - 25% na sementeira, no afilhamento, no encanamento e no emborrachamento, A4 - 50% no afilhamento e 25% no emborrachamento e na ântese; A5 - 50% na sementeira e 25% no encanamento e no emborrachamento). Em todos os tratamentos, aplicou-se um fertilizante fosfopotássico à sementeira por forma a fornecer as mesmas unidades de fósforo e de potássio que no ensaio com fertilizantes específicos.

No primeiro ensaio, com fertilizantes específicos, o número de espigas por metro quadrado mostrou influência significativa da rega, sendo maiores os valores registrados no tratamento D1. No ensaio com fertilizante convencional, foram obtidos rendimentos e pesos de 1000 grãos significativamente maiores no tratamento de rega D1. Ocorreram efeitos significativos da aplicação fraccionada de fertilizante azotado apenas no primeiro ensaio: o rendimento foi maior no tratamento A5, mostrando que aplicações precoces deste tipo de fertilizantes não comprometem a disponibilidade de N durante o ciclo de crescimento do trigo e consequentemente a produção de grão; o teor de proteína do grão foi

maior no tratamento A2, indicando a importância da disponibilidade de N no estágio de emborrachamento a fim de obter grãos com características de qualidade desejáveis.

**Palavras Chave:** Uso da água; Fertilizantes de libertação gradual; Rendimento em grão; Teor de proteína do grão; *Triticum aestivum* L.

### Abstract

Seasonal and inter-annual variability, attributes of the Mediterranean climate, coupled with the observed variation trends resulting from climate change, are vulnerabilities to wheat (*Triticum aestivum* L.) production. The adaptation to this reality comprises the reduction of negative impacts on crop productivity, decreasing costs and yield gaps, but also adopting practices that promote the sustainability of the farming systems. Among these practices, the management of irrigation and nitrogen fertilization are among the most likely to contribute to the success of the crop.

In this study, we evaluated the interactive effect of irrigation and nitrogen (N) fertilization, with conventional and enhanced efficiency N fertilizers, on yield and grain quality characteristics of soft wheat (cv. Antequera) during the 2016/2017 season in the Mediterranean region of Alentejo (South Portugal). For this purpose, two trials were carried out. In both experiments, wheat responses were assessed under two irrigation regimes: D1 (100% of ET<sub>c</sub> throughout the cycle) and D2 (100% of ET<sub>c</sub> only at four stages: stem extension; booting; heading; grain filling). In the first trial, 165 kg N/ha of enhanced efficiency N fertilizers (EEF) were applied through 6 splitting treatments, five of them (A1 to A5) with a stabilized fertilizer (A1 – 100% at sowing; A2 – 50% at sowing and 50% at booting; A3 – 50% at sowing, and 25% at stem extension and at heading; A4 – 75% at sowing and 25% at booting; A5 – 75% at sowing and 25% at stem extension) and another one (A6) with a slow-release fertilizer 100% applied at sowing. In the second trial, 165 kg N/ha were applied by conventional N fertilizer through 5 splitting treatments (A1 – 33% at sowing, at tillering and at stem extension; A2 – 25% at sowing, at tillering, at stem extension and at heading; A3 – 25% at sowing, at tillering, at stem extension and at booting; A4 – 50% at tillering and 25% at booting and at heading; A5 – 50% at sowing and 25% at stem extension and at booting). A phosphor-potassium fertilizer was applied at sowing in all treatments to provide the same phosphorus and potassium units as in the trial with EEF.

In the first trial, only the number of heads per square meter showed significant influence of irrigation, the highest values being registered in the D1 treatment. In the trial with conventional fertilizer, significantly higher yields and weights of 1000 grains were obtained in the D1 irrigation treatment. Significant effects of split N fertilizer application occurred only in the first trial: yield was higher in the A5 treatment, showing that early N applications with this type of fertilizers do not compromise N availability throughout the wheat grow cycle and therefore the grain production; grain protein content was higher in the A2 treatment, indicating the importance of N availability at the booting stage in order to obtain grains with desirable quality traits.

**Key-words:** Water use; Enhanced efficiency fertilizers; Grain yield; Grain protein content; *Triticum aestivum* L.

### INTRODUÇÃO

O trigo é um dos principais cereais consumidos pela população, representando mais de 28% da procura mundial de cereais (FAOSTAT, 2018). É uma cultura produzida em quase todos os países Europeus, sendo a União Europeia um dos maiores exportadores de trigo, muito embora nos últimos anos se venha assistindo a uma diminuição generalizada da sua produção (Depak *et al.*, 2013). Os dados do EUROSTAT (2018) mostram que Portugal contribui apenas com 0,05% da produção (em 0,13% da área) de trigo da União Europeia. Trata-se, portanto,

de um país importador de trigo e esta situação é difícil de ultrapassar dadas as condições climáticas da maior parte do território e as flutuações de mercado que impedem a obtenção de produções elevadas e/ou lucros mais atractivos.

De facto, as respostas produtivas do trigo à disponibilidade de água e azoto variam largamente para diferentes condições agro-ambientais e os hiatos de rendimento da cultura podem ser suplantados em função de factores técnicos, ambientais ou económicos (Cassman *et al.*, 2006).

Em regiões de clima Mediterrânico, a sobreposição das variáveis climáticas chave e as fases críticas do ciclo de desenvolvimento do trigo implica que o sucesso da cultura depende em larga medida da combinação de estratégias adequadas de gestão da rega e da fertilização.

O uso da água pelo trigo depende da variedade, do estado fenológico, das condições climáticas, da disponibilidade de água, do solo e das práticas agronómicas. Uma ajustada disponibilidade de água durante fases consideradas críticas no ciclo do trigo, como o emborrachamento ou a ântese (floração) não só permite que a planta aumente a taxa de fotossíntese como também proporciona melhores condições para a translocação de hidratos de carbono, favorecendo o tamanho dos grãos e, consequentemente, o rendimento da cultura (Boteta, 2013; Alghory e Yazar, 2018).

Na produção de trigo, o azoto (N) é um elemento chave na obtenção de altos rendimentos e o teor de N é amplamente considerado como o principal fator que pode afetar diretamente o armazenamento de proteína no grão, bem como a sua qualidade tecnológica. A disponibilidade de N durante o emborrachamento pode contribuir para um maior conteúdo em proteína do grão, uma qualidade desejável em trigos para panificação (Blandino *et al.*, 2015; Costa e Patanita, 2016). Desta forma, a fim de atender às necessidades da cultura e melhorar a eficiência do uso da água e do azoto, é necessário encontrar um compromisso na gestão entre os aspectos quantitativos e qualitativos, adequando o tipo de fertilizante, a dose, o fraccionamento, e o período mais recomendado de aplicação, bem como os volumes e calendários de rega apropriados para atender às necessidades da cultura (Tomaz *et al.*, 2017). Na avaliação dos efeitos das interações água-azoto na produção de trigo regado é ainda de suma importância garantir a minimização dos riscos de perdas por lixiviação aliada à obtenção de rendimentos elevados e grão de qualidade.

Neste estudo pretende-se avaliar o efeito combinado das estratégias de rega e de fertilização azotada com diferentes tipos de fertilizantes sobre o rendimento e a qualidade do grão de uma variedade melhoradora de trigo mole em ambiente Mediterrânico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho realizado consistiu em dois ensaios de campo com uma variedade melhoradora de trigo mole, 'Antequera' (LVR, 2016), durante 2017, na Quinta da Saúde, em Beja. Num dos ensaios aplicaram-se fertilizantes de "libertação gradual" de azoto (N), vulgarmente designados por específicos e, no outro, usaram-se fertilizantes clássicos. Em ambos os ensaios, o delineamento experimental foi em split-plot com dois tratamentos de rega como parcelas principais e os tratamentos de fraccionamento dos fertilizantes como subparcelas (seis tratamentos no ensaio de fertilizantes específicos e cinco no ensaio de fertilizantes clássicos), com três repetições. As estratégias de rega ensaiadas foram: D1, rega com 100% da evapotranspiração cultural (ET<sub>c</sub>) ao longo do ciclo, e D2, rega com 100% da ET<sub>c</sub> apenas em quatro fases: início do encanamento; emborrachamento; ântese; enchimento do grão. No primeiro ensaio, foram aplicados 165 kg N/ha utilizando fertilizantes ternários específicos

com 20%N em seis fraccionamentos / épocas de aplicação, cinco deles (A1 a A5) com um fertilizante estabilizado com inibição de nitrificação e um (A6) com um fertilizante de libertação controlada de azoto. No segundo ensaio, aplicaram-se também 165 kg N/ha através de fertilizante azotado convencional em cinco tipos de fraccionamento / época de aplicação e um fertilizante fosfopotássico à sementeira por forma a fornecer as mesmas unidades de fósforo e de potássio que no ensaio com fertilizantes específicos (Tabelas 1 e 2).

**Tabela 1.** Fraccionamento do fertilizante azotado ao longo do ciclo do trigo no ensaio com fertilizantes específicos (A1 a A5 – fertilizante com inibição de nitrificação; A6 – fertilizante de libertação controlada)

Fraccionamento	Estado fenológico (data)				
	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento	Ântese
A1	100				
A2	50			50	
A3	50		25		25
A4	75			25	
A5	75		25		
A6	100				

**Tabela 2.** Fraccionamento do fertilizante azotado ao longo do ciclo do trigo no ensaio com fertilizantes clássicos

Fraccionamento	Estado fenológico				
	Sementeira	Afilhamento	Encanamento	Emborrachamento	Ântese
A1	33	33	33		
A2	25	25	25		25
A3	25	25	25	25	
A4		50		25	25
A5	50		25	25	

Na área do estudo, o clima é do tipo Mediterrânico (Csa, na classificação de Köppen). Os valores de precipitação anual e temperatura média (normais climatológicas 1981-2010) do local são, respectivamente, 558 mm e 16,9°C (IPMA, 2018). Os solos são Calcários Pardos (Cambissolos, de acordo com a classificação da FAO).

Os dados meteorológicos foram registrados numa estação meteorológica automática da Quinta da Saúde, pertencente à rede SAGRA - Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega do Alentejo (COTR, 2018).

A sementeira do trigo realizou-se no dia 24 de janeiro e a colheita no dia 24 de junho de 2017. A rega efectuou-se por aspersão, através de center-pivot, tendo sido gerida com recurso a informação meteorológica e a sondas capacitivas de registo contínuo e pontual. Os volumes totais de rega aplicados ao longo do ciclo de crescimento foram 2527 m<sup>3</sup>/ha e 1723 m<sup>3</sup>/ha, nas modalidades de rega D1 e D2, respectivamente.

As características produtivas avaliadas, e respectivos métodos de determinação, foram: número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos (g) – contagem electrónica e Norma ISSO 520:1977 –, rendimento (kg/ha), massa do hectolitro (kg/hl) – Sitómetro e Norma Portuguesa 988 (2000) – e teor de proteína do grão – Método NIR e Norma ICC 159.

Para a análise estatística dos dados de ambos os ensaios realizou-se ANOVA a dois fatores (estratégia de rega e fraccionamento do fertilizante). Diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p <0,05) (Analytical Software Statistix 8.0).

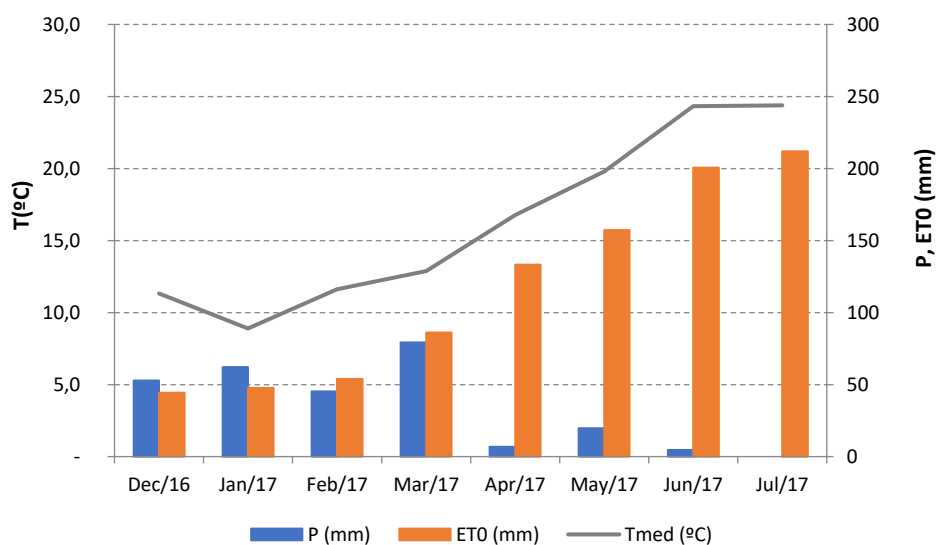
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As datas dos estados fenológicos determinantes para a condução do ensaio encontram-se na Tabela 3. Apenas a data de colheita se diferenciou nos dois tratamentos de rega, tendo sido antecipada na estratégia de rega D2, deficitária.

**Tabela 3.** Datas de início dos estados fenológicos durante o ciclo de 2017

Estado fenológico	Data (dd-mm)
Sementeira	24-01
Afilhamento	01-03
Encanamento	25-03
Emborrachamento	14-04
Ântese	24-04
Colheita	24-06

Dadas as condições climáticas do ano 2017 (Figura 1), muito seco, as necessidades em rega fizeram-se sentir a partir do início de março, quando a cultura estava a entrar na fase de afilhamento.

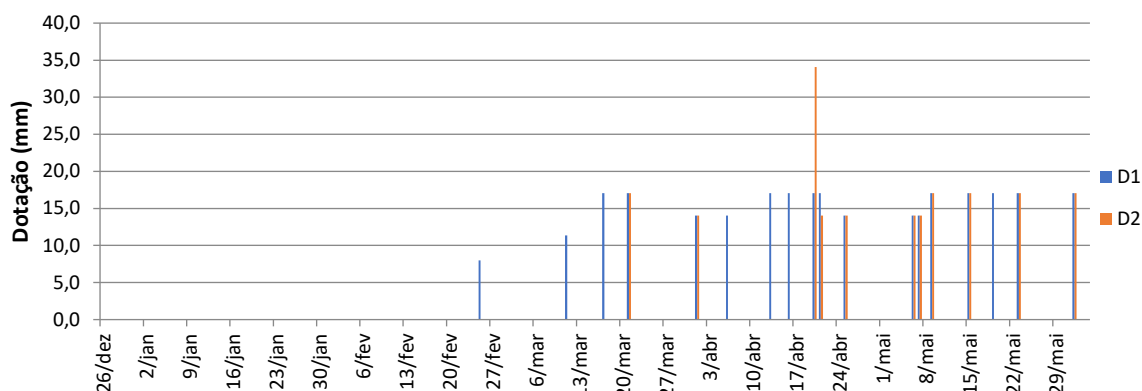


**Figura 1:** Temperatura média diária mensal, precipitação mensal e evapotranspiração de referência mensal de dezembro de 2016 a julho de 2017.

Deste modo, as regas iniciaram-se em meados de março, quando a cultura se encontrava no final do afilhamento e a iniciar o encanamento (Figura 2). Em abril, iniciou-se um período seco e, à medida que a temperatura foi aumentando, as regas tornaram-se mais frequentes, acompanhando o aumento da evapotranspiração, em ambas as estratégias de rega testadas. As diferenças entre ambas corresponderam aos volumes aplicados e ao calendário de regas. Na modalidade D1, regou-se sempre que o balanço hídrico do solo indicava aproximação de déficit hídrico com reposição total da reserva útil do solo, tendo os intervalos entre regas variado entre 2 e 15 dias. Em D2, seguindo o critério preconizado para esta estratégia de rega nas fases críticas, até ao mês de maio, as regas efectuaram-se de um modo geral cada 15-20 dias. A partir desta altura, dadas as necessidades hídricas elevadas da cultura nas fase de

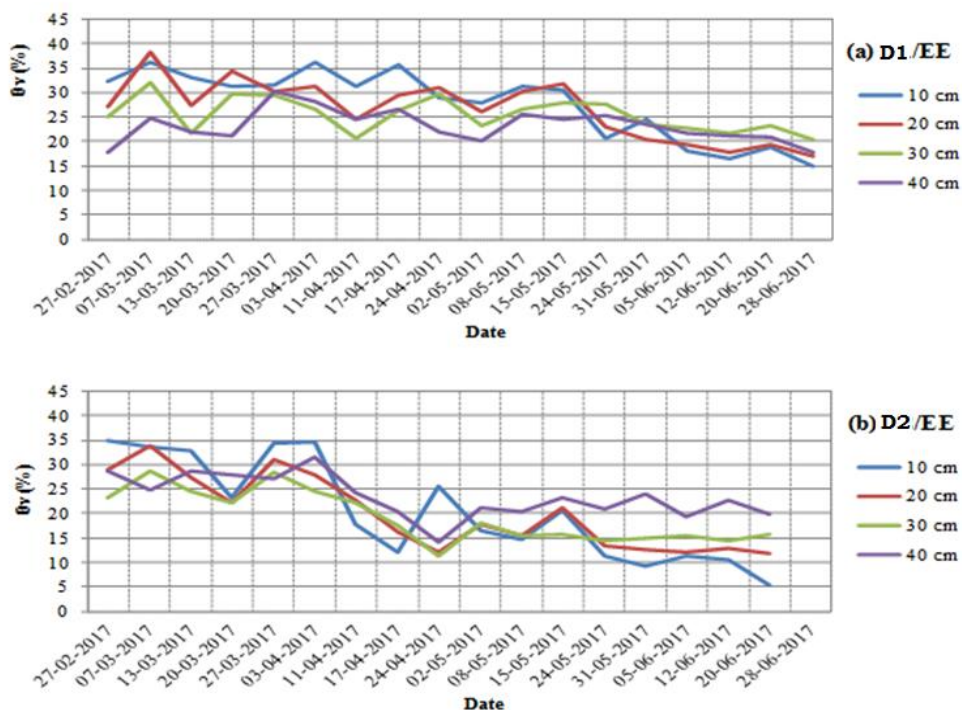


floração e, principalmente, enchimento do grão, as regas passaram a ser semanais. Em qualquer das modalidades, a última rega realizou-se no dia 1 de junho.



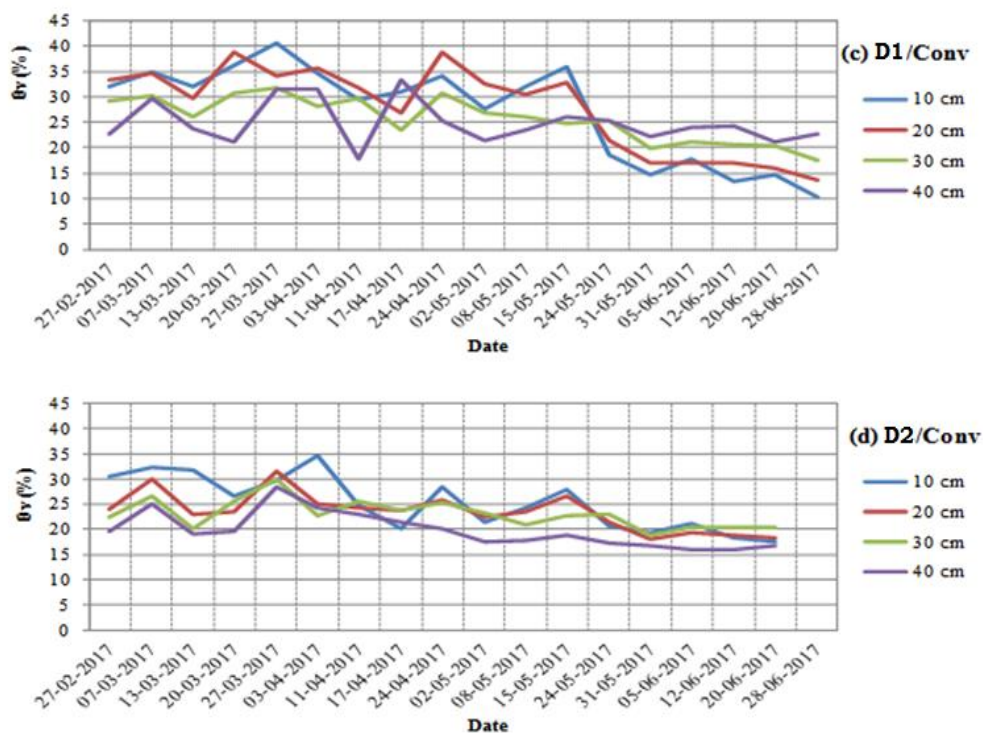
**Figura 2:** Dotações e datas das regas aplicadas nas modalidades D1 e D2.

O teor máximo de humidade no solo em D2 foi menor (35%) que em D1 (38-40%), como pode ser observado nas Figuras 3 e 4. Em qualquer dos tratamentos de rega, os valores máximos de teor de humidade registaram-se a 10-20 cm de profundidade, em março e no início de abril. Em geral, os teores de humidade mínimos no solo (5-15%) registaram-se, em todas as profundidades, após o final da rega.



**Figura3:** Variação temporal do teor volumétrico de humidade do solo a diferentes profundidades nas modalidades de rega D1 e D2, no ensaio com fertilizantes específicos (EE). (a) Modalidade D1, ensaio com fertilizantes específicos; (b) Modalidade D2, ensaio com fertilizantes específicos.

A variação temporal do teor de humidade do solo mostra ainda que a extração de água ocorreu em todas as profundidades de medição, em ambos os tratamentos de rega.



**Figura 4:** Variação temporal do teor volumétrico de humidade do solo a diferentes profundidades nas modalidades de rega D1 e D2, no ensaio com fertilizantes clássicos (Conv). (c) Modalidade D1, ensaio com fertilizantes clássicos; (d) Modalidade D2, ensaio com fertilizantes clássicos.

No ensaio de fertilizantes específicos, o efeito da estratégia de rega só foi significativo no nº de espigas/m<sup>2</sup> (Tabela 4).

**Tabela 4.** Efeito da estratégia de rega e do fraccionamento da fertilização azotada com fertilizantes específicos no número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos, rendimento, massa do hectolitro e teor de proteína do grão

Factor de variação	Número de espigas/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos (g)	Rendimento (kg/ha)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teor de proteína do grão (%)
<b>Estratégia de rega</b>	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
<b>D1</b>	396 a	42.52	4594	80.63	15.61
<b>D2</b>	354 b	40.03	3942	80.52	16.32
<b>Fraccionamento</b>	n.s.	n.s.	*	n.s.	*
<b>A1</b>	335	41.04	4170 ab	80.75	14.71 d
<b>A2</b>	397	42.44	3929 b	79.68	17.38 a
<b>A3</b>	373	40.67	4126 ab	81.05	16.36 b
<b>A4</b>	373	42.14	4458 ab	80.03	16.47 b
<b>A5</b>	400	41.66	4564 a	81.10	15.51 c
<b>A6</b>	371	39.71	4361 ab	80.82	15.36 c
<b>Interação</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ) pelo teste de Tukey; \* - significância para  $p < 0.05$ ; n.s. - não significância para  $p < 0.05$ .

D1 e D2 – Tratamentos de rega; A1 a A6 – Tratamentos de fraccionamentos do fertilizante azotado.

Tendo em conta que os rendimentos obtidos nos dois tratamentos de rega não se diferenciam estatisticamente, estes resultados parecem indicar que uma estratégia de rega que pretenda maximizar o efeito da aplicação adicional de água nas fases em que a cultura melhor responde a essa adição, favorece uma maior produtividade da água de rega.

Neste ensaio, o fraccionamento / época de aplicação do fertilizante teve influência significativa no rendimento e no teor de proteína do grão. No primeiro caso, foi no tratamento com aplicação de 75% do fertilizante à sementeira e os restantes 25% no encanamento, que se obteve o maior rendimento em grão, indicando que aplicações precoces deste tipo de fertilizantes não comprometem a disponibilidade de N ao longo do ciclo da cultura e, consequentemente, a produção de grão. O teor de proteína foi significativamente superior no tratamento A2, sugerindo que a disponibilidade de N na fase de emborrachamento é importante para a obtenção de grão com qualidade. Verifica-se resultado estatisticamente significativo para o efeito da interacção entre os factores estratégia de rega e fraccionamento da fertilização azotada sobre o teor de proteína do grão.

No ensaio de fertilizantes clássicos, não há efeito estatisticamente significativo do fraccionamento / época de aplicação em nenhum dos parâmetros (Tabela 5). Quanto ao fator estratégia de rega, o peso de 1000 grãos e o rendimento são significativamente superiores em D1.

**Tabela 5.** Efeito da estratégia de rega e do fraccionamento da fertilização azotada com fertilizantes clássicos no número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos, rendimento, massa do hectolitro e teor de proteína do grão

Factor de variação	Número de espigas/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos (g)	Rendimento (kg/ha)	Massa do hectolitro (kg/hl)	Teor de proteína do grão (%)
<b>Estratégia de rega</b>	<i>n.s.</i>	*	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>D1</b>	393	41.56 a	5614 a	80.42	16.44
<b>D2</b>	371	39.00 b	3488 b	80.70	16.89
<b>Fraccionamento</b>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<b>A1</b>	400	40.05	4694	80.55	15.94
<b>A2</b>	390	40.79	4688	80.90	16.94
<b>A3</b>	386	40.99	4686	80.70	17.14
<b>A4</b>	381	38.71	4535	80.47	16.71
<b>A5</b>	354	40.86	4154	80.18	16.57
<b>Interacção</b>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0.05$ ) pelo teste de Tukey; \* - significância para  $p < 0.05$ ; *n.s.* - não significância para  $p < 0.05$ .

D1 e D2 – Tratamentos de rega; A1 a A5 – Tratamentos de fraccionamentos do fertilizante azotado.

## CONCLUSÕES

A variação temporal do teor de humidade do solo mostra que a extração de água ocorreu em todas as profundidades de medição, até aos 45 cm, em ambos as estratégias de rega.

No ensaio com fertilizantes de “libertação gradual” de azoto ou específicos, o número de espigas por metro quadrado mostrou influência significativa da rega, sendo maiores os valores registrados na estratégia D1 (100% da evapotranspiração cultural ao longo do ciclo). No ensaio com fertilizante convencional, foram obtidos rendimentos e pesos de 1000 grãos significativamente maiores no tratamento de rega D1. Ocorreram efeitos significativos da aplicação fraccionada de fertilizante azotado apenas no ensaio com fertilizantes específicos: o rendimento foi maior no tratamento A5 (75% de azoto à sementeira e 25% na fase de encanamento), mostrando que aplicações precoces deste tipo de fertilizantes não



comprometem a disponibilidade de N durante o ciclo de crescimento do trigo e consequentemente a produção de grão; o teor de proteína do grão foi maior no tratamento A2 (50% de azoto à sementeira e 50% na fase de emborrachamento), indicando a importância da disponibilidade de N no estágio de emborrachamento a fim de obter grãos com características de qualidade desejáveis.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pelo projeto INTERATrigo – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto, POCI-01-0145-FEDER-023262 e LISBOA-01-0145-FEDER-023262 (SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), do Programa Operacional Regional de Lisboa e da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PIDDAC). O estudo é uma contribuição para o projeto UID/GEO/04035/2013, financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

## BIBLIOGRAFIA

- Alghory, A., Yazar, A. 2018. Evaluation of net return and grain quality characteristics of wheat for various irrigation strategies under the Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 203: 395–404.
- Blandino, M., Marinaccio, F., Vaccino, P., Reyneri, A. 2015. Nitrogen fertilization strategies suitable to achieve the quality requirements of wheat for biscuit production. *Agronomy Journal*, 107(4): 1584-1594.
- Boteta, L. 2013. Gestão da Rega do Trigo. *Grandes culturas* 1:18-21.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., Yang, H. 2003. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28 (November 2003): 315-358.
- Chen, D., Suter, H., Islam, A., Edis, R., Freney, J.R., Walker, C.N. 2008. Prospects of improving efficiency of fertilizer nitrogen in Australian agriculture: a review of enhanced efficiency fertilizers. *Aust J of Soil Res* 46(4): 289–301
- Costa, M.N., Patanita, M. 2016. Qualidade dos trigos. Parte I/III: Avaliação da qualidade no trigo mole. *Grandes Culturas* 3: 26-29.
- COTR. 2018. SAGRA – Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Consultado em <http://www.cotr.pt/servicos/sagra.php>
- Deepak, K.R., Mueller, N.D., West, P.C., Foley, J.A. 2013. Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050. *Plos One* 8(6): 1-8.
- EUROSTAT. 2018. Wheat and spelt by area, production and humidity. Products datasets. Consultado em <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tag00047>
- FAOSTAT. 2018. World Food Situation. FAO Cereal Supply and Demand Brief. Consultado em <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>
- IPMA. 2018. Normais Climatológicas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP. Consultado em <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1981-2010/002/>

LVR – Lista de Variedades Recomendadas. Trigo Mole: Apoio à decisão das sementeiras 2016/17. Lista de variedades recomendadas. INIAV. IPBeja, ANPOC, Ceres, Germen, Cerealis.

Tomaz, A. Ferro Palma, J., Guerreiro, I. Patanita, M.I., Penacho, J., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Patanita, M. 2017. An overview on the use of enhanced efficiency nitrogen fertilizers in irrigated Mediterranean agriculture. Biomed J Sci & Tech Res 1(7)-2017